饲粮 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸配比对育成期雄性蓝狐生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[1]

钟　伟　罗　靖　张　婷　孙伟丽　刘晗璐　孙旭阳　李光玉*

（中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建实验室，长春 130112）

摘　要：本试验旨在研究饲粮 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸配比对育成期雄性蓝狐生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响。试验选取 48 只 102 日龄、平均体重为（2 370±24） g 的健康雄性蓝狐，随机分成 4 组，每组 12 个重复，每个重复 1 只蓝狐。各组饲粮除油脂组成不同外，其他原料均一致。I组饲粮中添加鱼油和豆油，n-6/n-3 为 3.00；II组饲粮中添加鱼油和玉米油，n-6/n-3 为 6.03；III组饲粮中添加鱼油和玉米油，n-6/n-3 为 9.01；IV组饲粮中添加玉米油和豆油，n-6/n-3 为 18.04。试验预试期 7 d，试验期 46 d。结果表明：1）III组和IV组 125 日龄体重显著高于II组(P<0.05)，I组、III组和IV组 102~125 日龄平均日增重均极显著高于II组（P<0.01），I组、III组和IV组 102~125 日龄料重比均显著低于II组(P<0.05)。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对 126~147 日龄生长性能无显著影响（P>0.05）。2）I组和III组干物质采食量显著高于II组（P<0.05），I组、III组和IV组干物质消化率显著高于II组（P<0.05），III组和IV组粗蛋白质消化率极显著高于II组（P<0.01），III组和IV组总能消化率显著高于II组（P<0.05），III组粗脂肪消化率显著高于II组（P<0.05）。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对碳水化合物消化率无显著影响（P>0.05）。3）I组和III组氮采食量极显著高于II组和IV组（P<0.01），IV组粪氮含量显著低于I组和II组（P<0.05）。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对尿氮含量、氮沉积、净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值无显著影响（P>0.05）。综上所述，当饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比为 9.01 或 18.04 时，蓝狐可获得较优的生长性能，但从饲料成本和贮存稳定性考虑，玉米油与豆油混合组更佳。

关键词：n-6/n-3；多不饱和脂肪酸；蓝狐；生长性能；消化率；氮代谢

中图分类号：S865.2+3　　　　文献标识码：　　　　文章编号：

脂肪产能高，是饲粮中为动物提供能量的主要来源。饲粮中添加脂肪不仅能改善饲料的适口性，提供必需脂肪酸，促进脂溶性维生素的吸收，改善毛皮外观及光泽度，还能减少饲料加工中的粉尘并减少环境污染[1-2]。不同脂肪来源其脂肪酸组成不同，若将不同油脂按一定比例混合使用，可发挥脂肪酸互补效应，并满足动物对多种脂肪酸特别是必需脂肪酸的需

收稿日期：2016-04-05

基金项目：吉林省自然科学基金项目（20140101033JC）；中国农业科学院创新工程项目

作者简介：钟　伟（1980-），女，吉林永吉人，副研究员，从事特种经济动物营养代谢研究。E-mail：zhongwei8015@163.com

*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail： tcslgy@126.com

要[3]。多不饱和脂肪酸（PUFA)作为脂肪的组成部分，对脂肪的利用和总营养价值有重要影响，从而直接影响动物生长性能[4]。有关添加不同油脂对畜禽生产性能及产品中脂肪酸含量的影响已有大量研究报道[6-12]，然而关于毛皮动物多数报道围绕在添加不同水平的同种油脂源，或添加相同水平不同油脂源对生产的影响研究[13-15]。有关添加混合油脂对蓝狐生长性能影响的研究报道较少，育成期是蓝狐骨骼、肌肉生长最快的阶段，添加适宜比例的油脂能显著提高其生长性能[5]，而油脂的营养作用主要体现在其PUFA的调控。因此，本文旨在研究饲粮不同n-6/n-3 PUFA配比对育成期雄性蓝狐生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响，以期明确蓝狐育成期饲粮中n-6和n-3 PUFA的适宜配比，为毛皮动物饲料的精准配制提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物、试验设计与饲养管理

试验在中国农业科学院特产研究所毛皮动物实验基地完成。选取 102 日龄平均体重为（2 370±24） g 的健康雄性蓝狐 48 只，随机分成 4 组，每组 12 个重复，每个重复 1 只蓝狐。各组饲粮除油脂组成不同外，其他原料一致，I组饲粮中添加鱼油和豆油，n-6/n-3 为 3.00；II组饲粮中添加鱼油和玉米油，n-6/n-3 为 6.03；III组饲粮中添加鱼油和玉米油，n-6/n-3 为 9.01；IV组饲粮中添加玉米油和豆油，n-6/n-3 为 18.04。

试验动物单笼饲养。试验从 2014 年 8 月 12 日开始至 2014 年 9 月 26 日结束，预试期 7 d，正试验期 46 d，整个试验阶段分为育成前期（102~125 日龄）和育成后期（126~147 日龄），每天 08：00 和 15：00 各饲喂 1 次，自由饮水。

1.2 试验饲粮

饲粮主要由膨化玉米、豆粕、鱼粉、肉粉等组成，通过饲粮中的油脂配比来调配脂肪酸的比例，试验饲粮组成、营养水平及脂肪酸含量详见表 1。

表 1　试验饲粮组成、营养水平及脂肪酸含量　（风干基础）

Table 1　Composition, nutrient levels and fatty acid contents of experimental diets (air-dry basis)　%

项目 Items	组别 Groups			
	I	II	III	IV
原料 Ingredients				
膨化玉米 Extrusion corn	35.75	35.75	35.75	35.75
豆粕 Soybean meal	12.00	12.00	12.00	12.00
玉米蛋白粉 Corn protein meal	9.00	9.00	9.00	9.00
干酒糟及其可溶物 Distillers dried grains with solubles	3.55	3.55	3.55	3.55

鱼粉 Fish meal	16.00	16.00	16.00	16.00
肉粉 Meat meal	10.00	10.00	10.00	10.00
赖氨酸 Lys	0.80	0.80	0.80	0.80
蛋氨酸 Met	0.40	0.40	0.40	0.40
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00
鱼油 Fish oil	6.85	6.77	6.11	
玉米油 Corn oil		1.23	1.89	5.36
豆油 Soybean oil	1.15			2.64
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	3.00	3.00	3.00	3.00
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]				
代谢能 ME/(MJ/kg)	14.12	14.00	14.16	14.04
粗蛋白质 CP	30.13	29.13	30.47	29.67
粗脂肪 EE	10.11	10.07	10.42	10.36
粗灰分 Ash	8.63	9.28	8.88	9.49
碳水化合物 CC	43.13	43.52	42.23	42.48
赖氨酸 Lys	1.09	1.09	1.09	1.09
蛋氨酸 Met	0.76	0.76	0.76	0.76
钙 Ca	1.578	1.673	1.807	1.821
磷 P	1.043	1.048	1.168	1.182
脂肪酸含量 Fatty acid contents[3)]				
饱和脂肪酸 SFA	0.681	0.626	0.584	0.311
单不饱和脂肪酸 MUFA	2.009	1.953	1.880	1.312
多不饱和脂肪酸 PUFA	1.028	1.110	1.441	4.417
n-3	0.257	0.158	0.144	0.232
n-6	0.772	0.952	1.298	4.185
n-6/n-3	3.00	6.03	9.01	18.04

[1)] 每千克预混料含有 One kilogram of premix contained：VA 300 000 IU，VD 3 200 000 IU，VE 4 000 mg，VK 350 mg，VB_1 400 mg，VB_2 500 mg，VB_6 200 mg，VB_{12} 4.2 mg，叶酸 folic acid 50 mg，泛酸 pantothenic acid 2 200 mg，生物素 biotin 1 600 mg，氯化胆碱 choline chloride 120 mg，VC 12 000 mg，Fe 4 000 mg，Zn 3 200 mg，Mn 1 600 mg，I 80 mg，Se 12 mg，Cu 500 mg。

[2)] 粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、赖氨酸、蛋氨酸、钙、磷均为测定值，其他为计算值。CP, EE, ash, Lys and Met, Ca and P were measured values, while the others were calculated values.

[3)] n-3 主要包括α-亚麻酸、二十碳五烯酸、二十二碳五烯酸和二十二碳六烯等；n-6 主要包括亚油酸、γ-亚麻酸、双高 CO-亚麻酸和花生四烯酸等。饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、n-3、n-6 均是实测值；n-6/n-3 为计算值。n-3 included α-linolenic acid, twenty five carbon carbon five acid, twenty two dilute acid and six twenty two carbon thin, etc; n-6 included linoleic acid, γ-linolenic acid, twin CO linolenic acid and arachidonic acid, etc. SFA, MUFA, PUFA, n-3 and n-6 were measured values, while n-6/n-3 was a calculated value.

1.3 消化代谢试验

试验期每天准确称量、记录饲喂量和剩余料量以计算采食量，观察动物健康和采食

状况。正试期第 23 天，每组选择 8 只采食和排便正常、体况接近的蓝狐进行消化代谢试验。采用全收粪法，利用自制粪盘和 5 L 尿桶连续收集 4 d 粪、尿。尿样收集前在尿桶中加入 10 mL 10% H_2SO_4 固氮，每只狐狸连续收集 4 d 尿样混匀后称重，滤纸过滤后保存备用。每只狐狸连续收集 4 d 的粪便样本混匀后称重，采集部分粪便样品加入少量 10% H_2SO_4 固氮，65 ℃烘干至恒重，测定初水分。粉碎后过 40 目筛用于各种营养成分测定。

1.4　测定指标及方法

测定基础饲粮中干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、钙、磷含量及总能。测定粪样中干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分含量及总能。饲料及粪便样品中的碳水化合物含量采用计算方法求得。尿液中测定尿氮含量。干物质含量采用 105 ℃烘干法测定，参照 GB/T 6435—2006；粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定，参照 GB/T 6432—1994；粗脂肪含量采用索氏抽提法测定，参照 GB/T 6433—1994；粗灰分含量采用 550 ℃灼烧法测定，参照 GB/T 6438—1992；总能采用燃烧法测定，采用德国 IKA C2000 能量测热仪测试；钙含量采用乙二胺四乙酸(EDTA)络合滴定法测定，参照 GB/T 6436—1992；磷含量采用钒钼酸铵比色法测定，参照 GB/T6437—1992。饲粮中的脂肪酸前处理采用甲酯化方法，参照 GB/T 21514—2008，测试采用外标法。脂肪酸含量测定采用气质联用仪（Agilent 7890A-7000B），色谱条件：色谱柱：DB-5MS（30 m×250 μm×0.25 μm）；柱温：初始 55 ℃，保持 2 min，以 5 ℃/min 速率升至 200 ℃，保持 1 min，再以 2 ℃/min 速率升至 230 ℃，保持 3 min，再以 5 ℃/min 速率升至 270 ℃，保持 10 min；进样口温度：250 ℃；载气：氦气（99．999%）1.0 mL/min；进样量 1 μL；分流比为 10：1。质谱条件：电子轰击离子（EI）源；离子源温度 230 ℃；电子能量 70 eV；接口温度 250 ℃；扫描质量范围为 50～500 m/z。各计算公式如下：

平均日采食量(g/d)=试验期采食量/试验天数；

平均日增重(g/d)=(末重－初重)/试验天数；

料重比=平均日采食量/平均日增重；

营养物质消化率(%)=［(营养物质采食量－营养物质排出量)/营养物质采食量］×100;

氮沉积(g/d)=食入氮－粪氮－尿氮;

净蛋白质利用率(%)=(氮沉积/食入氮)×100;

蛋白质生物学价值(%)=［氮沉积/(食入氮－粪氮)］×100。

1.5　数据整理与统计分析

试验数据采用Excel 2003进行整理试验数据，采用SPSS 9.13软件中GLM程序进行统计分析，多重比较采用Duncan氏法进行，其中*P*<0.01为差异极显著，*P*<0.05为差异显著，*P*>0.05为差异不显著，结果以平均值±标准差表示。

2　结　果

2.1　饲粮n-6/n-3 PUFA配比对育成期蓝狐生长性能的影响

由表 2 可知，饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐 125 日龄体重有显著影响（*P*<0.05），III组和IV组显著高于II组(*P*<0.05)，I组与II组、III组和IV组间差异不显著（*P*>0.05）。各组间蓝狐 147 日龄体重差异不显著（*P*>0.05）。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐 102~125 日龄平均日增重有极显著影响（*P*<0.01），I组、III组和IV组均极显著高于II组（*P*<0.01），但I组、III组和IV组间差异不显著（*P*>0.05）。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐 102~125 日龄的平均日采食量和料重比有显著影响(*P*<0.05)，I组和III组平均日采食量显著高于II组(*P*<0.05)，与IV组间差异不显著（*P*>0.05），II组与IV组间平均日采食量差异不显著（*P*>0.05）；I组、III组和IV组料重比均显著低于II组(*P*<0.05)，I组、III组和IV组间料重比差异不显著（*P*>0.05）。125~147 日龄，各组间蓝狐平均日采食量、平均日增重及料重比差异不显著（*P*>0.05）。

表 2　饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary ratio of n-6/n-3 PUFA on growth performance of blue fox during the growth period

日龄 Days of age	项目 Items	组别 Group				*P* 值 *P*-value
		I	II	III	IV	
102	初始体重 Initial body weight/kg	2.37±0.24	2.37±0.29	2.36±0.20	2.36±0.23	0.999
125	体重 Body weight/ kg	3.53±0.27^{ab}	3.37±0.30^{b}	3.67±0.24^{a}	3.60±0.19^{a}	0.042
102~125	平均日增重 ADG/(g/d)	48.68±6.51^{Aa}	41.42±9.68^{Bb}	54.44±7.19^{Aa}	51.53±3.11^{Aa}	0.001
	平均日采食量 ADFI/（g/d）	260.00±1.25^{a}	251.63±10.23^{b}	259.02±1.86^{a}	255.73±5.97^{ab}	0.039
	料重比 F/G	5.22±0.45^{b}	6.12±1.46^{a}	4.86±0.72^{b}	4.97±0.41^{b}	0.030
147	体重 Body weight/kg	4.66±0.33	4.48±0.27	4.76±0.31	4.65±0.22	0.122

125~147	平均日增重 ADG/（g/d）	48.77±5.91	48.04±6.99	47.54±4.88	45.73±8.99	0.733
	平均日采食量 ADFI/（g/d）	257.99±1.28	252.37±3.23	255.76±1.45	257.00±2.64	0.123
	料重比 F/G	5.29±0.59	5.25±0.96	5.38±0.65	5.62±0.83	0.714

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐营养物质消化率的影响

由表 3 可知，饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐干物质采食量有显著影响（*P*<0.05），I组和III组显著高于II组（*P*<0.05），与IV组间差异不显著（*P*>0.05），II组与IV组间差异不显著（*P*>0.05）。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐干物质消化率、粗蛋白质消化率、总能消化率有显著或极显著影响（*P*<0.05 或 *P*<0.01），I组、III组和IV组的干物质消化率显著高于II组（*P*<0.05），I组、III组、IV组间差异不显著（*P*>0.05）；III组和IV组的粗蛋白质消化率极显著高于II组（*P*<0.01），I组和III组间差异不显著（*P*>0.05），I组与IV组间差异极显著（*P*<0.01），I组与II组间差异不显著（*P*<0.05）；III组和IV组总能消化率显著高于II组（*P*<0.05），与I组差异不显著（*P*>0.05），I组与II组间差异不显著（*P*>0.05），III组和IV组间差异不显著（*P*>0.05）。III组粗脂肪消化率显著高于II组（*P*<0.05），与I组和IV组差异不显著（*P*>0.05），I组、III组、IV组间差异不显著(*P*>0.05)。各组间碳水化合物消化率差异不显著（*P*>0.05）。

表 3 饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐营养物质消化率的影响

Table 3 Effects of dietary ratio of n-6/n-3 PUFA on nutrient digestibility of blue fox during the growing period

项目 Items	组别 Groups				*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	
干物质采食量 DMI/（g/d）	260.00±1.26[a]	251.63±10.23[b]	259.02±1.86[a]	255.73±5.97[ab]	0.039
干物质消化率 DM digestibility/%	62.54±2.38[a]	59.06±3.81[b]	63.00±2.74[a]	64.42±3.32[a]	0.014

粗蛋白质消化率 CP digestibility/%	54.67±4.11^{BCbc}	51.42±5.21^{Cc}	58.23±4.84^{ABab}	60.24±4.84^{Aa}	0.005
粗脂肪消化率 EE digestibility/%	94.25±1.86^{ab}	93.68±1.12^{b}	95.50±0.58^{a}	95.03±1.08^{ab}	0.035
碳水化合物消化率 CC digestibility/%	67.87±8.65	65.51±4.08	71.11±2.92	69.04±2.90	0.219
总能消化率 GE digestibility/%	68.15±8.78^{ab}	65.90±3.88^{b}	72.80±2.69^{a}	72.71±2.81^{a}	0.034

2.3　饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐氮代谢的影响

由表 4 可知，饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐氮采食量有极显著影响（*P*<0.01），I组和III组极显著高于II组和IV组（*P*<0.01），IV组极显著高于II组（*P*<0.01），I组和III组间差异不显著(*P*>0.05)。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对蓝狐粪氮含量有显著影响（*P*<0.05），其中I组和II组显著高于IV组（*P*<0.05），与III组间差异不显著（*P*>0.05），I组和II组间差异不显著（*P*>0.05）。各组间尿氮含量、氮沉积、净蛋白质利用率及蛋白质生物学效价差异不显著（*P*>0.05）。

表 4　饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐氮代谢的影响

Table 4　Effects of dietary ratio of n-6/n-3PUFA on N digestion of blue fox during the growing period

项目 Items	组别 Groups				*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	
氮采食量 IN/（g/d）	12.53±0.001^{Aa}	11.73±0.48^{Cc}	12.63±0.09^{Aa}	12.14±0.28^{Bb}	<0.001
粪氮 FN/（g/d）	5.68±0.52^{a}	5.69±0.64^{a}	5.27±0.59^{ab}	4.83±0.61^{b}	0.023
尿氮 UN/（g/d）	3.67±0.78	3.51±0.46	3.74±0.84	3.56±0.74	0.558
氮沉积 RN/（g/d）	3.18±0.50	2.93±0.60	3.00±0.56	3.04±0.55	0.883
净蛋白质利用率 NPU/%	24.23±4.79	22.75±5.95	26.43±4.69	23.14±4.79	0.619
蛋白质生物学价值	44.74±7.47	47.59±7.57	41.17±6.49	42.22±6.32	0.410

BV of protein/%					

3 讨 论

3.1 饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐生长性能的影响

毛皮动物育成期是骨骼和肌肉增长最快的时期，因此需要外源饲粮供应大量的蛋白质、脂肪等营养物质来满足其生长发育需要，本试验将整个试验期分成 2 个阶段，即育成前期（2014 年 8 月 12 日—2014 年 9 月 4 日）和育成后期（2014 年 9 月 5 日—2014 年 9 月 26 日），饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成前期蓝狐体重增长影响显著，III组分别比II组平均日增重高出 23.92%，III组料重比比II组低 25.93%。II组和III组饲粮是由相同的油源鱼油和玉米油组成，但其配比不同，导致了 n-6/n-3 不同。由于III组平均干物质采食量显著高于II组，且饲粮不同脂肪酸配比影响了体内营养物质的吸收消化，这可能导致了 2 组在体重和料重比上的差异。I组和IV组比II组平均日增重分别高 14.90%和 19.60%，I组和IV组料重比比II组分别低 17.20%、23.14%，说明饲粮不同的油源组成和 n-6/n-3 PUFA 配比对育成前期蓝狐生长产生了显著影响，本试验II组、III组、IV组的生长趋势与周继术[16]和涂玮[17]在鱼上的研究报道一致，即随着 n-6/n-3 比例增大，生长性能各项指标高于低比例组。饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成后期蓝狐的生长性能未产生显著影响，这与在肉鸡和仔猪上的文献报道[18-19]相一致，可能由于育成后期幼狐生长相对缓慢，动物不同生长阶段添加油脂，生长效果不同。

3.2 饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐营养物质消化率的影响

研究表明，植物性油脂与动物性油脂混合使用可提高动物性油脂的消化率，并且在动物机体内能够发挥协同效应，饲粮中添加一定配比的油脂能够减缓食糜的流通速度，增加消化时间，从而改善碳水化合物和蛋白质在十二指肠的消化和吸收[20]。畜禽必须依靠消化道中的消化酶将蛋白质、脂肪等大分子物质分解成小分子物质后方能加以吸收利用，因此消化酶的活性和饲料在消化道中的停留时间决定了动物对营养物质的消化吸收率[21]。本试验结果与上述文献报道一致，不同油脂配比后对粗蛋白质消化率、粗脂肪消化率均产生了显著影响。饲粮n-6/n-3 PUFA配比影响了蓝狐对蛋白质的吸收利用，主要因为油脂的添加可以促进氨基酸的消化吸收，以肉粉和肉骨粉为主的饲粮，能提高氨基酸的消化率[22]。氨基酸是饲料蛋白质在动物机体内的分解形式，氨基酸消化率提高即蛋白质消化率增加。脂肪酸组成分析结

果显示，试验选用的3种油脂均属于长链脂肪酸，I组、II组和III组分别是鱼油与豆油和玉米油的混合油脂，IV组是玉米油和豆油混合油脂，不同的油脂配比影响了饲粮的适口性，造成了组间干物质采食量上的差异。从试验结果可知，II组的大部分营养物质消化率均显著低于III组和IV组；I组与III组和IV组间大部分营养物质消化率差异不显著，但均低于III组和IV组，这可能由于鱼油比例过高会影响营养物质吸收，说明饲粮脂肪酸组成合理不仅可以促进脂肪的消化吸收，还可改善蛋白质和能量的利用效果，促进畜禽生长发育[23-24]，饲粮n-6/n-3 PUFA配比影响了营养物质在蓝狐体内的代谢，造成了组间营养物质消化率的差异。

3.3 饲粮 n-6/n-3 PUFA 配比对育成期蓝狐氮代谢的影响

饲粮n-6/n-3 PUFA配比显著影响了育成期蓝狐氮采食量和粪氮含量，而对尿氮含量未产生显著影响，最终导致各组间氮沉积差异不显著，净蛋白质利用率和蛋白质生物学效价也呈现出相同的变化趋势，这说明在蓝狐机体内饲喂相同脂肪水平的饲粮，饲粮n-6/n-3 PUFA配比会引起脂质代谢的变化，n-6和n-3脂肪酸的平衡对动物机体内环境的稳定和正常生长有重要作用，可以减少心血管疾病和高血脂类疾病的发生[25]，而对蓝狐蛋白质沉积未产生直接影响。

4 结　论

饲粮n-6/n-3 PUFA为9.01或18.04时，蓝狐可获得较优的生长性能，但从饲料成本和贮存稳定性考虑，玉米油与豆油混合组更佳。

参考文献：

[1] HUI Y H.贝雷:油脂化学与工艺学[M].5版.徐生庚,裘爱泳，译.北京:中国轻工业出版社,2001:282–370.

[2] NRC.Nutrient requirements of poultry[S].9th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,1994:11–13.

[3] 安文俊,张旭辉,庄苏,等.不同配比油脂对肉鸡脂类代谢的影响[J].畜牧与兽医,2012,44(2):4–10.

[4] WISEMAN J,COLE D J A,HARDY B.The dietary energy values of soya-bean oil,tallow and their blends for growing/finishing pigs[J].Animal Production,1990,50(3):513–518.

[5] 耿业业.育成期蓝狐脂肪消化代谢规律的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2011:21–22.

[6] 安文俊.日粮中添加不同配比油脂对肉鸡生产性能、肉品质及脂肪代谢影响的研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2010:33–47.

[7] 刘忠臣,陈代文,余冰,等.不同脂肪来源对断奶仔猪生长性能和脂类代谢的影响[J].动物营养学报,2011,23(9):1466–1474.

[8] 林华锋,石桂城,何流健.不同油脂的脂肪酸组成比较分析及其在水产中的应用[J].水产营养与饲料科技,2012(6):30–32.
[9] SANZ M,FLORES A,DE AYALA P P,et al.Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats[J].British Poultry Science,1999,40(1):95–101.
[10] CRESPO N,ESTEVE-GARCIA E.Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles[J].Poultry Science,2002,81(10):1533–1542.
[11] VILLAVERDE C,BAUCELLS M D,CORTINAS L,et al.Effects of dietary concentration and degree of polyunsaturation of dietary fat on endogenous synthesis and deposition of fatty acids in chickens[J].British Poultry Science,2006,47(2):173–179.
[12] FERRINI G,BAUCELLS M D,ESTEVE-GARCÍA E,et al.Dietary polyunsaturated fat reduces skin fat as well as abdominal fat in broiler chickens[J].Poultry Science,2008,87(3):528–535.
[13] 张婷,钟伟,黄健,等.饲粮脂肪水平对育成期银狐生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1407–1413.
[14] 张海华,张铁涛,周宁,等.饲粮脂肪水平对哺乳期水貂生产性能及血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2225–2231.
[15] 张铁涛,王卓,郭强,等.饲粮脂肪水平对繁殖期蓝狐繁殖性能、营养物质消化率、氮代谢及产后体重的影响[J].动物营养学报,2014,26(7):1848–1855.
[16] 周继术.必需脂肪酸 n-6/n-3 比例与油脂水平对奥尼罗非鱼生长的影响[D].硕士学位论文.重庆:西南农业大学,2001:21–23.
[17] 涂玮.罗非鱼幼鱼饲料脂肪及必需脂肪酸需要量研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2012:60–65.
[18] 陈家林,韩冬,朱晓鸣,等.不同脂肪源对异育银鲫的生长、体组成和肌肉脂肪酸的影响[J].水生生物学报,2011,35(6):988–997.
[19] SKLAN D.Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides or free fatty acids:synthesis of monoglycerides in the intestine[J].Poultry Science,1979,58(4):885–889.
[20] CERA K R,MAHAN D C,REINHART G A.Postweaning swine performance and serum profile responses to supplemental medium-chain free fatty acids and tallow[J].Journal Animal of Science,1989,67(8):2048–2055.
[21] VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A.Symposium:carbohydrate methodology,metabolism,and nutritional implications in dairy cattle methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J].Dairy Science,1991,74(10):3583–3597.
[22] BENDER A E,DAMJI K B.Effects of dietary sucrose on the metabolism in vitro of liver from rats of different strains[J].Biochemical Journal,1970,119(2):351–352.
[23] 朱荣生,张牧,李咸梁.脂肪营养对断奶仔猪生产性能的影响[J].动物科学与动物医学,2002,19(7):34–37.
[24] 冯定远,曾小玲,王征,等.三种饲用油脂在生长后期肉鸡日粮中应用效果的比较[J].中国

词料,1997(1):19–20.
[25] 时皎皎.不同膳食脂肪酸构成对大鼠脂质代谢的影响及其分子机制研究[D].硕士学位论文.重庆:第三军医大学,2007:12–19.

、

Dietary Ratio of n-6/n-3 Polyunsaturated Fatty Acid Affect Growing Performance, Nutrient Digestibility and Nitrogen Metabolism of Male Blue Foxes during Growth Period

ZHONG Wei LUO Jing ZHANG Ting SUN Weili LIU Hanlu SUN Xuyang LI Guangyu*
(*State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Institute of Special Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Changchun* 130112, *China*)

Abstract: The aim of this trial was to investigate the effects of dietary ratio of n-6/n-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) on growing performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of male blue foxes during growth period. Forty-eight 102-day-old male blue foxes with average body weight of （2 370±24）g were selected and assigned into 4 groups with 12 replicates in each group and 1 blue fox in each replicate. Except the composition and proportion of oil, the other ingredients in diets were the same. Diet of group Ⅰ supplemented with fish oil and soybean oil, n-6/n-3=3.00; diet of group Ⅱ supplemented with fish oil and corn oil, n-6/n-3=6.03; diet of group Ⅲ supplemented with fish oil and corn oil, n-6/n-3=9.01; diet of group Ⅳ supplemented with soybean oil and corn oil, n-6/n-3=18.04. The adjustment period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 46 days. The results showed as follows: 1) the body weight of groups Ⅲ and Ⅳ at 125 days of age was significantly higher than that of group Ⅱ （P<0.05）, the average daily gain of groups Ⅰ, Ⅲ and Ⅳ at 102 to 125 days of age was significantly higher than that of group Ⅱ（P<0.01）, the ratio of feed to gain of groups Ⅰ, Ⅲ and Ⅳ at 102 to 125 days of age was significantly lower than that of group Ⅱ （P<0.05）. Dietary ratio of n-6/n-3 PUFA had no effects on growth performance at 126 to 147 days of age （P>0.05）. 2) The dry matter intake of groups Ⅰ and III was significantly higher than that of group Ⅱ（P<0.05）, the dry matter digestibility of groups Ⅰ, Ⅲ and Ⅳ was significantly higher than that of group Ⅱ （P<0.05）， the crude protein digestibility of groups Ⅲ and Ⅳ was significantly higher than that of group Ⅱ （P<0.01）， the gross energy digestibility of groups Ⅲ and Ⅳ was

significantly higher than that of group Ⅱ （P<0.05）, the ether extract digestibility of group Ⅲ was significantly higher than that of group Ⅱ （P<0.05）. Dietary ratio of n-6/n-3 PUFA had no effects on carbohydrate digestibility （P>0.05）. 3) The intake of nitrogen of groups Ⅰ and Ⅲ was significantly higher than that of groups Ⅱ and Ⅳ （P<0.01）, the fecal nitrogen content of groups Ⅳ was significantly lower than that of groups Ⅰ and Ⅱ （P<0.05）. Dietary ratio of n-6/n-3 PUFA had no effects on urine nitrogen content, retention nitrogen, net protein utilization and biological value of protein （P>0.05）. In conclusion, when dietary ratio of n-6/n-3 PUFA is 9.01 or 18.04, the blue fox can get better growth performance, however, considering feed cost and storage stability, the mixture of corn oil and soybean oil is more beneficial.

Key words: n-6/n-3; PUFA; blue fox; growth performance; digestibility; nitrogen metabolism

---

*Corresponding author, professor, E-mail： tcslgy@126.com （责任编辑　武海龙）